第23回研究評価委員会
資料 4-3-2

「中小企業基盤技術継承支援事業」
事後評価報告書（案）概要

目　　次

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構　研究評価委員会

「中小企業基盤技術継承支援事業」（事後評価）

分科会委員名簿

（平成２１年７月現在）

	氏名	所属、役職
分科会長	さいとう　よしお 齋藤　義夫	東京工業大学　大学院理工学研究科 機械制御システム専攻　教授
分科会長 代理	さくらい　だいはちろう 櫻井 大八郎	ものつくり大学　技能工芸学部　製造技能工芸学科 教授
委員	あおやま　ひでき 青山　英樹	慶應義塾大学　理工学部　システムデザイン工学科 教授
	いしかわ　ひでたか 石川　英孝	株式会社ヒキフネ　専務取締役
	しらせ　けいいち 白瀬　敬一	神戸大学 大学院工学研究科　機械工学専攻　教授
	ひらおか　ひろゆき 平岡　弘之	中央大学　理工学部　精密機械工学科　教授
	やまざき　かずお 山崎　和雄	日刊工業新聞社　論説委員

敬称略、五十音順

事務局：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価部

プロジェクト概要

			作成日	H21.3.31
制度・プログラム名				
プロジェクト名	中小企業基盤技術継承支援事業	PJ コード	P00043	
事業担当推進部室・担当者	機械システム技術開発部			
０．事業の概要	中小企業の優れたものづくりの技術、技能、ノウハウ等を形式知化・システム化し、円滑に継承するための基盤整備に必要となる研究開発を平成１８年度からの３年計画で実施する。具体的には以下に示す二つの研究開発項目を実施する。 研究開発項目①「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」では、基盤的な機械部品加工技術を対象に、加工技能者（が製造設計から完成品に至る過程で行った行為（技能・技術）、意志決定プロセス等（判断の根拠、ノウハウ等）を抽出・整理し電子データとして蓄積する手法を開発し、中小企業者に提供できるようにする。具体的には、熟練技術を伝承するための加工技術知識の記述構造（加工テンプレート）を明らかにし、具体的な知識を蓄積し、また、システムとして実現する。 研究開発項目②「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」では、中小製造業における IT 化を促進するために、システム構築するための専門知識が無くても簡単に、かつ、安価でシステム構築が可能なソフトウェアを開発する。このため、「ものづくり・IT 融合化推進技術の研究開発」の成果である「MZ Platform」を活用し、システム設計に関わる専門知識を必要とせずに業務用アプリケーションソフトを構築するための技術を開発する。			
Ｉ．事業の位置付け・必要性について	我が国経済の活力を維持・発展させるには、先端的新産業をはじめ、質的・量的に我が国経済を支える産業、技術的に先導する産業等の、いわゆる戦略的な製造業（川下産業）が、競争力を維持することが不可欠である。 戦略的な川下産業の競争力を支える重要な要因の一つとして、我が国に、高度な技術的基盤を持つ川上産業（部品、材料、加工サービス等を供給する産業）が存在し、性能、信頼性、柔軟性、即応性等をもって、川下産業の商品開発を支えていることがあげられる。その川上産業のうち、中小企業が担っている部分が大きなウエイトをしめている。 中小製造業の強みは、現場で働く技術者・技能者の高い能力を活かして高度な加工・製品を作り出すことにあり、それが、我が国のものづくりの強さの根源となってきた。しかし、中小製造業で従事している技術者・技能者は、昨今高齢化しており、引退の時期を迎えつつある。中小企業が保有している技術や技能、ノウハウは、そうした技術者・技能者固有のものである場合が多く、彼らが引退すると同時に中小企業から技術・技能・ノウハウも消えてしまう可能性がある。技能・技術の喪失は、我が国の強みそのものを失うことになりかねない。そこで、次代を担う世代に、技術・技能を継承することが非常に重要である。 このため、平成１３年度から平成１７年度まで NEDO が実施した「中小企業技術基盤強化推進事業／ものづくり・ＩＴ融合化推進技術の研究開発」の成果を活かして、中小企業の優れたものづくりの技術、技能、ノウハウ等を形式知化・システム化し、中小企業の優れた技術･技能等を円滑に継承するための基盤整備に必要となる研究開発を平成１８年度からの３年計画で実施する。なお、本事業は、経済産業省中小企業庁が行う「基盤技術を担う中小企業支援（サポーティングインダストリー支援）事業」に基づく補助事業として実施する。 本研究開発により、技能の蓄積･伝承が可能となるだけでなく、設計・製造業務の効率化や加工技術の高度化を実現することにより、我が国中小製造業の国際競争力の維			

	持、強化に貢献することができる。 　このような研究開発は、一般機械部品に関する広範囲な加工法を対象にした技術開発が求められるため、資金や技術面において中小製造業者が単独で取り組むことは困難である。また、本研究開発は、NEDO「ものづくり・ＩＴ融合化推進技術の研究開発」で開発した研究成果を前提に実施するものであり、技術開発の緊急性や共通基盤性も考慮すると、本研究開発は本質的にNEDOプロジェクトとして行うことが適当である。

Ⅱ.研究開発マネジメントについて

事業の目標	研究開発項目①の研究開発目標は、以下のとおりである。（１）対象加工技術について高度な技術を有する企業において、具体的な加工製品あるいは加工部材を選択し、加工技能者の加工における着眼点とその具体的内容を計測し、データ（数値等）を収集する。（２） 一般性を保証するため、同一加工技術を有する異なった企業、異なった加工対象についても併せて上記（１）を実施する。（３）収集された加工技術に関する知識を、以下の(3-1)～(3-5)の内容を持つ加工テンプレートとして整理する。(3-1) 計測・収集された内容が記録できる。(3-2)加工技能者の行動の判断に関する情報が具体的内容として記述できる。(3-3)後継者（若手技術者等）がその記述内容に基づいて、加工技能者と同等の作業ができる。(3-4) 他の類似加工技術についても、簡易な方法で、その加工技術固有の加工テンプレートが構築可能である。(3-5)「ものづくり・ＩＴ融合化推進技術の研究開発」の成果である加工技術のデータベースを有効活用する。（４）計測・収集される情報の内、特に暗黙知にフォーカスした加工技能者の着眼点を抽出し、再現性を有し定量性の高い測定量とするための計測技術を開発する。開発された計測技術は当該企業において利用可能であり、かつ加工テンプレートと一体的に利用可能なものとする。 　さらに、以下の事項も満たさなければならない。（５）対象とする加工方法は５種類以上とすること。（６）各加工方法について １０種類以上の加工テンプレートを作成すること。（７）企業における検証として、加工テンプレートごとに２社以上において有効性を検証すること。(有効性の確認数：１００件以上) 　研究開発項目②「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」の目標は以下のとおりである。(ア) 中小企業者がＩＴ化を推進しようとする業務プロセスの特定を支援。(イ) 業種別の業務プロセス雛形を参照して、特定された業務プロセスに対応した業務アプリケーション構造を自動生成。(ウ) その際には、研究項目①の加工テンプレートを参照し、当該中小企業者固有の作業標準を反映。(エ) 業務アプリケーション構造の自動生成に当たっては、コンポーネントを自動で組み合わせることにより実施。 　（オ） 一度作成されたシステムは、通常のプログラムと同程度の自由度で修正・改良が可能な機能を持つ。(カ) すべての操作及び取扱説明書などシステムの取り扱いが日本語の知識のみでできる。(キ) 特定企業のオペレーティングシステムやハードウエアのみに依存せず動作する。（ク） 入出力の形式は、XML など公開され、一般に流布しているシステムで用いることができる。（ケ） 「ものづくり・ＩＴ融合化推進技術の研究開発」の成果である「MZ Platform」を有効利用できる。(コ)一度構築されたシステムを、同様に業務知識だけに基づいてシステムの改良を可能とする技術を開発する。 　さらに、研究開発項目①において開発された加工テンプレート（各加工方法（５種類以上）において１０種類以上）ごとに、各加工方法において２社以上検証し、当該加工業務を行う企業において、業務知識だけに基づいてシステムを構築し有効性を検証することとする。 　（有効性の確認数：１００件以上)

	主な実施事項	H18fy	H19fy	H20fy			
事業の計画内容	加工テンプレートの開発	→	→	→			
	アプリケーション構築技術	→	→	→			
【開発予算】（委託）	（単位：百万円）	H18fy	H19fy	H20fy			総額
	一般会計	464	271	153			888
	特別会計	0	0	0			0
	総予算額	464	271	153			888

【開発体制】	経済省担当原課	中小企業庁経営支援部創業・技術課
	プロジェクトリーダー	産業技術総合研究所　松木則夫
	委託先	(独)産業技術総合研究所デジタルものづくり研究センター (独)理化学研究所大森研究室
【情勢変化への対応】	米国投資銀行の経営破綻に端を発する急激な信用収縮、世界同時不況、さらには少子高齢化が進む中、国民の将来への不安は高まっている。こうした状況の中、経済産業省は新経済成長戦略2008改訂版を発表し、資源生産性競争時代における新たな経済産業構造の構築、世界市場獲得と持続的発展のためのグローバル戦略、地域・中小企業・農林水産業・サービスの未来志向の活性化を戦略の柱として掲げた。特に中小企業政策では地域におけるモノ作り中小企業の新興、中小企業の再生が重要としており、技能継承問題の解決支援、中小企業のものづくり力強化をめざす本プロジェクトの重要性はますます高まっている。このため、本プロジェクトでは、加工テンプレートの開発を促進するとともにユーザーによる試用・評価を前倒しで実施し、成果の実用化を加速している。	

Ⅲ．研究開発成果について

機械部品加工を主要な業務とする中小製造業のものづくり力強化のため、企業が直面する技術課題に直接的な解決策を提示するだけでなく、解決策の根拠や説明を含めることにより中小製造業の機動的な課題対応の支援を実用レベルで実現することを目標とした研究開発を行う。本計画は、体系的な手法に基づいた加工技能の技術化に関わる情報集積と集積手法の開発を目指した「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」、ならび設計・製造支援に関係する種々のソフトウェアシステムの連繋や自社業務へのカスタマイズ機能を実現することを目指した「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」を行い、両テーマが相互に連携して運用される一体的な取り組みを実施した。

本研究では、産業界、大学、公設試験研究機関からの研究員や協力者で構成する柔軟かつ機動的な研究組織を設けて、それらの緊密な連携の下で研究開発を進め、研究開発成果の中小製造業における実用化の推進を図った。その結果、研究開発項目ごとに以下の結果を得た。

「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」

加工テンプレートの技術開発について鋳造、鍛造、めっき、熱処理、切削、金属プレスの６加工技術に対して研究開発を行った。加工法毎に１０種類の技能を対象に選び技能を表現する指標の値を抽出・表現するツールとして加工テンプレートを開発した。

(1) 鋳造テンプレートの開発

鋳造では、技能継承支援ツールとして、鋳造方案設計、注湯技能、溶解技術、欠陥の判別と対策の技術を取り上げ、技術・技能の抽出と継承を支援する10種のテンプレートを開発した。鋳造方案設計では、方案設計のポイントの指標化と活用、注湯技能では、手注ぎの際の注湯速度の計測による技能の指標化と後継者のトレーニングツールとしての活用、溶解技術では成分調整の記

録と評価、欠陥の判別と対策では標準欠陥対策事例を基にした自社欠陥と対策事例の蓄積と評価を目的とした。複数以上の鋳造企業にて開発した全てのテンプレートの試用と評価を行い、結果を基に修正と有効性の検証を行った。図１は鋳造方案設計テンプレートのシステム概要を示す。

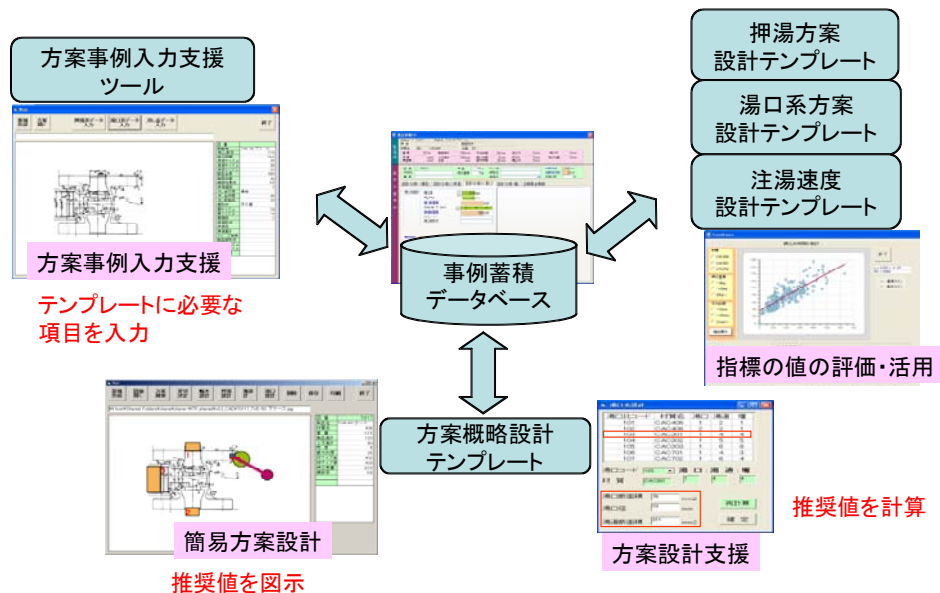



図１　鋳造方案設計テンプレート概要

(2) 鍛造テンプレートの開発

鍛造加工される部品には高機能化や高品質化が求められており、企業は技術力を強化して国際競争力を高めなければならない。そのためには固有技術力を高めるほかない。例えば、航空機などの部品に用いられる難加工材を鍛造する技術や、ヘリカルギアに代表される複雑形状部品をネットシェイプ加工する技術などである。それらを実現するためには加工圧力を正確に予測し、割れが生じない工程設計をすることが重要となる。現場の若手技術者が、こうした高度な技術や技能を学習することを支援する目的で、電卓感覚の計算ツールをテンプレートとして作成した。操作すれば計算の順序がわかるような仕様とした。加工圧力計算テンプレートの計算フローを図２に示す。

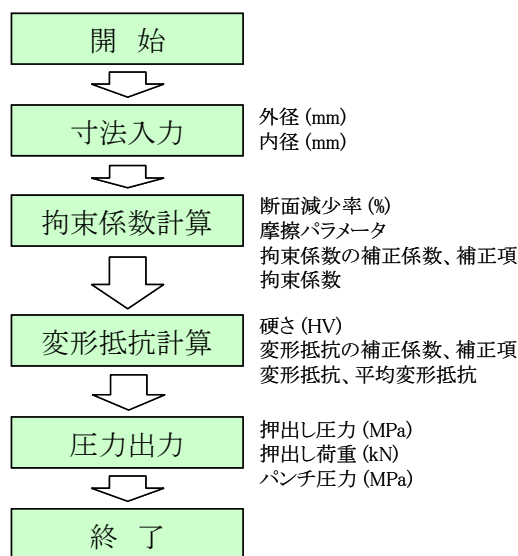



図２　加工圧力計算テンプレートの計算フロー

テンプレートの使用を重ね、データを蓄積するにつれて、変形抵抗、拘束係数の意味や計算方法などが理解できる仕組みになっている。また、理解を深めた後に、より難しい複雑形状などの計算にも用いることができる。このようにして、専門用語や計算方法の理解を助けることにより技能伝承を可能にし、また応用力も高めることができる。つぎに、高度な固有技術には、パンチやダイなどの金型の負担を把握して、より高品質な金型設計が必須となる。金型形状の意図や注意点などの設計理念を学習させる目的で、弾性有限要素法を用いた応力解析テンプレートを製作した。解析対象をパンチ及びダイに限定したため、簡便な操作で計算でき、さまざまな金型形状と内部応力との関係が理解しやすく、また、過去の図面の金型寸法を入力することで、金型設計の注意点や設計理念が理解できるようになっている。

鍛造企業数社で試用評価を実施したところ、技術者に参考になる、セミナーの教材になるなど、教育用として使えるという評価を受け、技能伝承の第一歩として有用であると考えている。

(3) めっきテンプレートの開発

めっきテンプレートの開発では、「めっき欠陥要因」、「めっき欠陥対策」、「めっき欠陥判別」に関する熟練者の有する技能を分析し、それを「めっき加工テンプレート」として開発して、それを導入・利用した企業と議論を重ねた。その結果、めっき企業の欠陥低減を１桁下げるとともに、作業者が経験的に得た考え方や知識を数値化・可視化させながら自社内で欠陥低減過程を時系列的に蓄積・共有化できることに成功した。なお、こうした試みは、他の加工にもそのまま適用可能であり、めっきと同様のコーティング加工の一種であるＰＶＤや、熱処理の一種であるイソナイト処理に従事する企業にとっても有効であることがわかった。

同様に、複数の皮膜特性を効果的に同時に満足するための、条件パラメータ領域の簡易決定と推奨条件提示機能を有するテンプレートである「めっき推奨条件提示テンプレート」の開発や、めっき熟練者の治具作業やめっき動作を時空間的に蓄積するとともに、力覚・視覚モデル化による軌跡を習い、そして熟練者との差を比較することができる「めっき作業軌跡習熟テンプレート」など、合計１０種類の「めっき加工テンプレート」を開発した。これらも、企業内で技能継承に役に立つという観点から、めっき企業との議論を重ねてソフトウェア機能の向上を図った。

(4) 熱処理テンプレートの開発

熱処理テンプレートの開発ではガス浸炭、ガス窒化・軟窒化、高周波処理、焼入焼戻し処理に関する 10 種類のテンプレートを開発した。熱処理加工は自動車、産業機械、建設機械、電子機器など多くの金属部品の製造工程に含まれる加工法であり国内の基幹産業の一つを成している。今日、熱処理に分類される材料の加工法は少なくとも 30 以上あり、それぞれ工程が大きく異なっている。このため熱処理テンプレートは加工法別に構築を進めた。また継承するべき技術･技能に関する企業アンケートを行い、工程設計、欠陥対策に関連した項目に回答が多かったことから、これらをテンプレート化することで社会ニーズに即したツールを目指した。熱処理加工の中でも上述の加工法は工業生産高が最も大きいものであり、この中から熟練技能を 10 個特定、抽出した。それぞれ数値化のしくみを考案し、ガス浸炭時間条件設計テンプレート、ガス浸炭焼入変形予測テンプレート、高周波焼入変形予測テンプレート、残留オーステナイト量予測テンプレート、ガス浸炭残留オーステナイト量予測テンプレート、赤外線分析法ガス浸炭温度・雰囲気設計テンプレート、酸素分圧測定法ガス浸炭温度・雰囲気設計テンプレート、ガス窒化時間条件設計テンプレート、欠陥対策テンプレート、ガス浸炭技術管理データベースを構築した。このうち設計の判断に関するものは図３の手順によるものであり、製品仕様、処理品性状から熱処理後の材料特性を正確に予測して、工程設計判断を行うもの、また処理品に課題が見出された場合にその原因と対策を過去事例から提示するもの、加工仕様書、品質報告書などをデータベース化するものであり、本分野において熟練技能を数値化する初めての仕組みである。

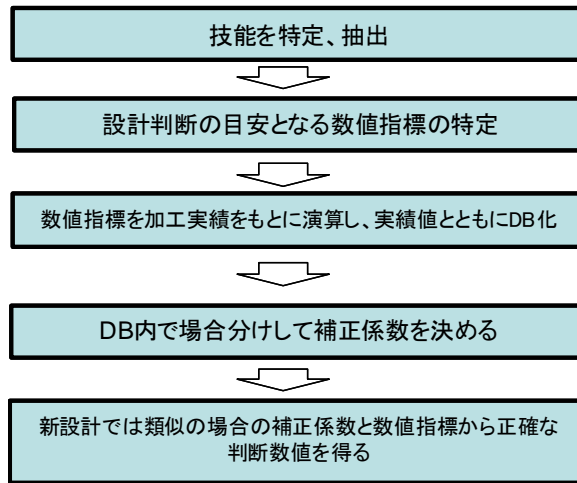



図３　設計判断における熟練技能の数値化手順

これらを「熱処理加工技能継承ツール」として CDROM 配布し、使用許諾契約書を 27 社 1 大学 1 地独（37 名）と締結した。いずれのテンプレートも 2 件以上の評価を頂いており、社内で技能継承に関する使い方を見つけて頂いているものと認識できる結果を得た。

(5) 切削テンプレートの開発

切削加工に関する技能として，技能者の注意点発見能力に着目した．それを踏まえて，技能者がある一連の加工プロセスに取り組む際に，どのようにして注意点を見出し，それに対してどのような工夫を実践していたかという点をケーススタディ的に蓄積することを通して思考過程を視覚化することを目的としたテンプレートを作成した．具体的には，切削加工のうち技能やノウハウに依存する部分が大きい段取り作業や特殊形状部材の加工，今後国内中小企業において需要が高まると考えられる難削材の加工など，10 種類の具体的な作業を例として取り上げテンプレート化を図った．開発したテンプレートは図４に示すように，作業の流れを概観するためのフローチャートと，個々の工程における加工条件や技能者による勘どころ(注意点)を詳述するための表示欄の，二階層から構成されている．このような仕組を有するテンプレートを閲覧することで，ある特定の加工プロセスに対して技能者が見出した加工上の注意点とその対処方法を可視化して表現できるようになっている．本事業で作成したテンプレートでは例えば，特殊な加工を行うための治具の設計・使用方法や，取り扱いの難しい工具を適切に使用するために必要な工夫などを，注意すべき理由とともに把握することが可能である．

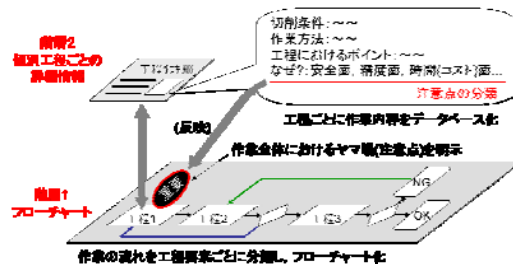



図４　切削テンプレートの基本的構造

(6) 金属プレステンプレートの開発

プレス金型設計・製作における中心的技術領域である工程設計技術に焦点を当て、熟練技術者の設計技術を搭載し、若手技術者がそれを使用することで技術習得を促進することができる、集積手法の開発を行った。具体的には、幾つかの典型的な事例を分析することで、工程設計時の主要な１０フェーズを定め、熟練技術者の着眼点・判断基準をメタフローモデルにより抽出し、若手による利用・技術習得を可能とする加工テンプレートを構築した。

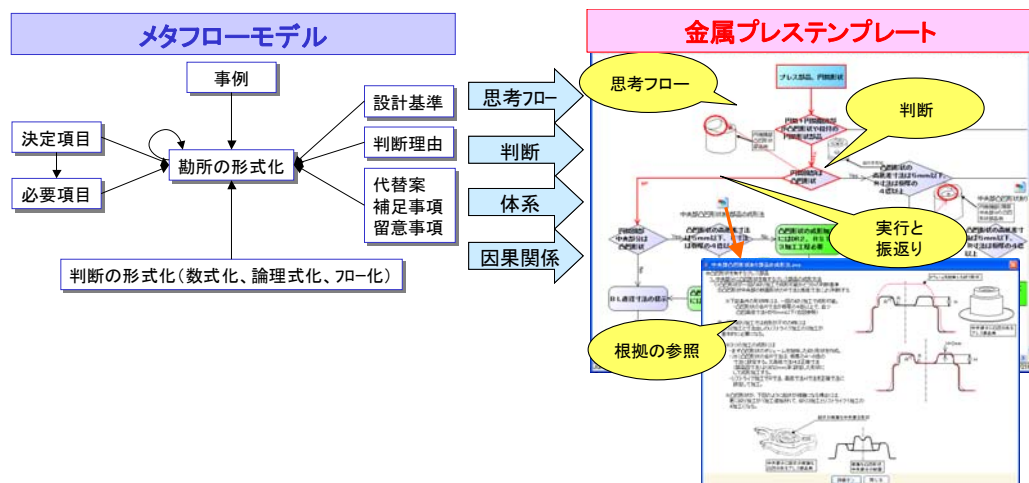



図５　金属プレステンプレートとメタフローモデル

本テンプレートでは、実務者による容易な利用（構築を含め）を実現すると共に、実行結果に対する振り返りを可能とすることにより技術習得の効果を高めている。結果として、加工テンプレートの内容及びツールとしての実用性評価共に、非常に良い結果が得られた。

「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」

高度な IT 知識を必要とせず､業務知識のみでアプリケーションを開発するための仕組みを提供ため､「業務分析＆アプリケーション設計支援ツールの開発」および「次世代 MZ Platform の開発」を実施した。開発の概要を図６に示す。構築対象のアプリケーションを定義する業務モデルは、タスクフロー図とタスク配置図という 2 種類のフロー図として記述する。タスクフロー図とは業務の処理手順を与えるものであり、企業における業務あるいは処理の相互関係を記述する。一方、タスク配置図とは行われる業務と担当部署を関連づけるものである。これらのフロー図は、それぞれの業務モデル作成ツールで記述する。

アプリケーションを構築する際には、まず、タスクフロー図の記述を行う。タスクフロー図用業務モデル作成ツールは、ユーザが記述したタスクフロー図をアプリケーション設計図へ変換して次世代 MZ Platform へ渡す。次世代 MZ Platform は受け取ったアプリケーション設計図に基づいて必要なコンポーネントを自動構成し、スタンドアロンのアプリケーションを構築する。

構築されたスタンドアロンのアプリケーションを企業内のネットワーク環境で動作する分散システムへと展開する場合には、タスク配置図用業務モデル作成ツールを用いて、アプリケーションを構成するモジュールごとにその配置先を指定する。その配置先指定に基づき、次世代 MZ Platform はスタンドアロンシステムを分散システムへ展開する。

図６　工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発概要

本研究開発成果によるアプリケーション開発においては、業務分析の結果として得られる業務モデルフロー図によりアプリケーションが自動的に構築されるため、従来の開発で必須であったシステム設計やプログラム開発に要する負担は大幅に軽減される。これにより、中小製造企業における社内ITシステム開発能力の育成に大きく貢献するものと考えられる。

なお、本研究開発においては、予算が当初の想定額から大幅に縮小されたため、資源を研究・技術開発に集中し、加工企業における評価検証は事業期間内には実施せず、今後の普及活動の中で継続的に行うこととした。

（特許・論文等について件数を記載）

特許　２件	知的基盤　２６件
論文　１８件	受賞・表彰　３件
解説　１６件	依頼・招待講演　７６件
口頭発表　３３件	

Ⅳ．実用化の見通し

「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」

切削テンプレートおよび金属プレステンプレートの普及を図るための取り組みとして、2009年４月より技能継承支援機構が発足されている．同機構では，情報発信型および対話指導型という二つの対称的な方法により，テンプレートユーザーへのサポートを行う．まず，情報発信型のサポートとして，「テクニスト技術研究会」の主宰運営を行っている．同研究会は，主にテンプレートユーザーを対象として募った会員を対象に，年２回開催される「技術交流会」や，年２回開催される「チュートリアルミーティング」などの活動を通じてテンプレートの使用方法や活用促進に関わる情報を提供することを目的としている．また，会員相互で技能継承の取組みについて情報交換を図る場も提供することで，ユーザーへテンプレートの使用に対するモチベーションを高揚させる効果も期待している．会員数は４月現在およそ10社程度となっているが，本年度中には30社程度まで増加することを見込んでいる．また，テンプレートの自社向けカスタマイズや，活用方法の直接指導を希望するユーザーについては，理研の研修受け入れ制度，技術指導契約制度や，共同研究契約制度などの枠組みを利用して対処を図る．

「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」

本技術開発はNEDO委託事業「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」（H13年度～H17年度）の成果物であるMZ Platformをベースとして行われた。MZ PlatformはH16年12月より産総研コンソーシアム「MZプラットフォーム研究会」を通じて年会費1000円にて個人・法人を含む

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">会員に配布されているほか、ソフトウェアベンダーへの技術移転も進んでおり、H20 年度末現在で８社が TLO 契約を締結し事業展開を図っている。
　本技術開発のうち次世代 MZ Platform 技術については、開発を完了した機能を MZ Platform Version 2.0（H19 年 10 月リリース）より順次導入しており、その意味においてすでに実用化されている。業務分析＆アプリケーション設計支援ツールは、MZ Platform の機能拡張アプリケーションとして現行の配布キットに含め、中小製造企業の現場における実用およびソフトウェアベンダーによる事業利用を進める予定である。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Ｖ．評価に関する事項</td><td>事前評価</td><td>なし</td></tr>
<tr><td>中間評価</td><td>なし</td></tr>
<tr><td>評価予定</td><td>平成 21 年度　事後評価実施予定</td></tr>
</table>

技術分野全体での位置づけ

（分科会資料５－２より抜粋）

○背景と目的

課題　次世代を担う世代への技術・技能継承が重要な課題

目的　中小企業の優れたものづくりの技術、技能、ノウハウ等を形式知化・システム化し、中小企業の優れた技術・技能等を円滑に継承するための基盤整備に必要となる研究開発。

技能の抽出

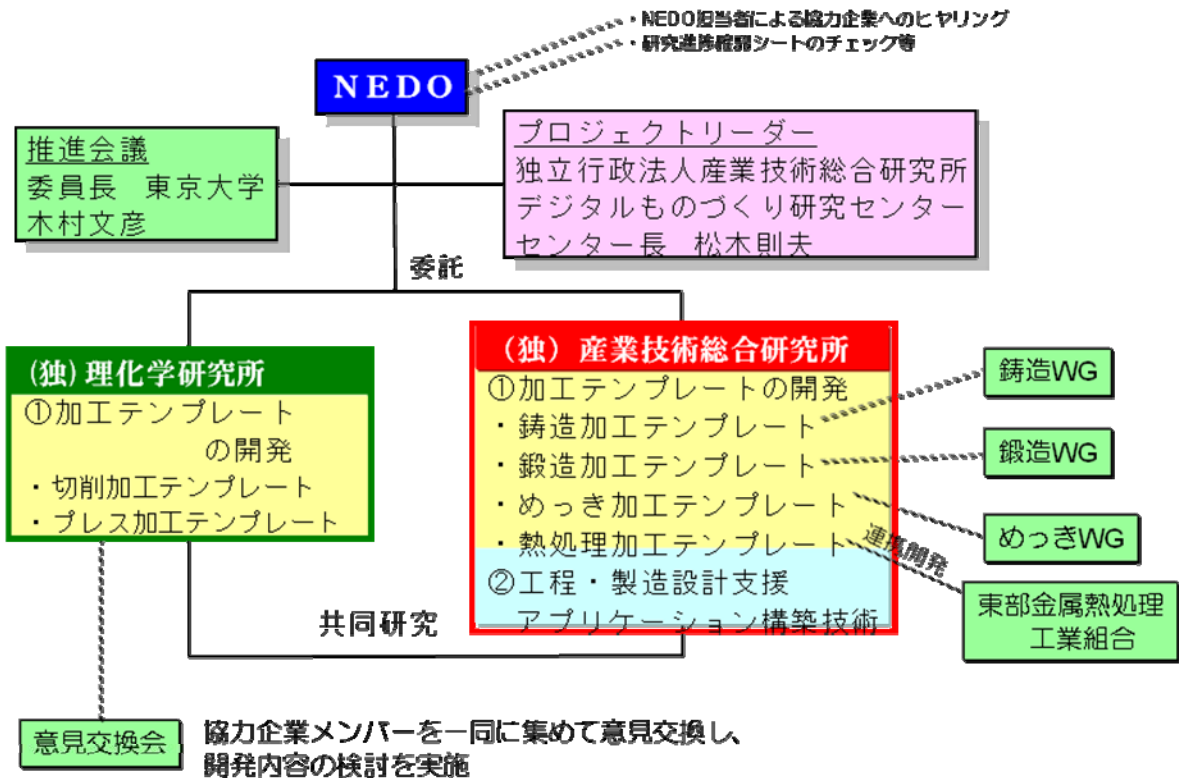
実施効果

本研究開発により、技能の蓄積･伝承が可能となるだけでなく、設計・製造業務の効率化や加工技術の高度化を実現することにより、我が国中小製造業の国際競争力の維持、強化に貢献

○背景と目的

- 一般機械部品に関する広範囲な加工法を対象にした技術開発が求められるため、資金や技術面において中小製造業者が単独で取り組むことは困難
- NEDO「ものづくり・ＩＴ融合化推進技術の研究開発」で開発した研究成果を前提に実施するもの
- 経済産業省中小企業庁が行う「基盤技術を担う中小企業支援（サポーティングインダストリー支援）事業」に基づく補助事業として実施

技術開発の緊急性や共通基盤性も考慮すると、本研究開発は本質的にNEDOプロジェクトとして行うことが適当

「中小企業基盤技術継承支援事業」
全体の研究開発実施体制

「中小企業基盤技術継承支援事業」（事後評価）

評価概要（案）

１．総論

１）総合評価

日本の工業技術の基盤を構成する中小企業の熟練技能者固有の技能を次の世代に伝えることは極めて重要である。団塊世代の大量引退時代を迎える中、必要不可欠な課題にもかかわらず、その継承手法の開発については民間の中小企業レベルでの実施は困難で、具体的な継承方法が見出せずにいたが、この課題に正面から取り組み、わが国のモノづくりの国際競争力強化につなげた本研究開発は、NEDO の事業として妥当である。

中小企業の熟練者が経験的に獲得したものづくりに関する技能・ノウハウなどの暗黙知を形式知化し、デジタル技術で簡易に活用できるシステム・仕組みを開発しており、代表例のみとはいえ、具体的な形にまとめ、高度な成果を上げた点は十分評価できる。ただ、多くの中小企業が“簡単に使いこなす”ところまで行っているかは疑問であり、技術の継承の方法論及び費用対効果の観点から評価することも必要で、この成果を多くの中小企業が“簡単に使いこなせる”ようにブラッシュアップする必要がある。また、技術情報が陳腐化しないように、維持管理を行い継続性のある運用が求められる。さらに、全国の中小企業に成果を広めるには、大企業を定年退職した技術者などを動員して、普及させる“伝道師”を育てるといった工夫も必要ではないだろうか。

２）今後の提言

中小企業における技術の蓄積とその有効利用は企業の存続に関係する重要な課題である。テンプレートの普及やアプリケーション構築技術の利用はその課題解決のための開発で、一定の成果を上げているが、これらを実用化していくための人材育成、広報活動、また今回の成果をレベルアップするためのメンテナンス等に未だ課題を残している。

そこで、本研究の成果を普及させるためには、中小企業の技術継承の活動自体が自律的に発展し始めるレベルに達するまで、経済産業省、研究開発者、NEDO 等が一体となって、その活動を支援する体制を整える必要がある。継続的なデータの更新と開発システムを活用して頂くための継続的な活動が期待される。

２．各論

１）事業の位置付け・必要性について

わが国のモノづくりは、産業の裾野を形成する中小企業が持つ充実した高度な製品加工技術に支えられた高性能や高信頼性が国際競争力の源泉となっており、その中小企業を熟練技能者が支えている。多くの熟練技能者が団塊の世代に属し、年齢的に職場を去っていく中で、彼ら固有の技能を次の世代に伝えて行くことは、中小企業だけでなく、わが国のモノづくり産業にとって喫緊の課題である。

一方、大企業では、本事業に比べると小規模であるが、ノウハウや企業ルールのドキュメント化あるいはデータ化を試みているのに対し、中小企業による民間活動だけでこのような仕組みを独自に構築することは難しい。

本事業により、熟練技能の伝承を支援するツール（テンプレート化とIT化）を開発したことは、モノづくり産業の技術力を維持し国際競争力強化というわが国の政策に合致するものであり、公共性は高く、NEDOの関与は妥当である。

２）研究開発マネジメントについて

研究開発目標の設定、研究開発計画とも妥当である。技能の継承・共有化のため、産総研、理研を中心に、大学、公設技術センター、企業等の協力を得て、全体としての活動をとりまとめ、加工技術に関する技能の情報集積ならびに加工テンプレート、及び専門知識を必要としない業務用アプリケーションソフトを構築し、所期の目標を達成したことは高く評価できる。

しかしながら、本事業の実施過程の中で、当初計画から予算などの変更が行われ、厳しい状況変化があったことは理解できるが、取り上げた加工における技能継承のポイントをさらに明確にして頂きたかった。

３）研究開発成果について

熟練技能者の技能、技術、判断の根拠、ノウハウを抽出、整理し、加工テンプレートとして蓄積するという、非常に高度で難しいテーマに挑戦し、よく努力した結果、専門知識なしにシステム開発が可能な工程・製造設計支援アプリケーション構築技術を含め、設定した目標をほとんどクリアし、完成への道筋を示し得たことは、十分な成果である。

研究開発成果が実際に意義をもつかどうかは、今後の成果の普及活動に依存するため、テンプレートやプラットフォームの将来像、あるいは技術継承の今後に関して、成果の自己分析を行うとともに、情報の発信と情報の収集などを並行して行い、中小企業の作業者が簡易に使え、より使いやすくなるように完成度を高めることが肝要である。

特許出願、論文発表、講演、解説など成果の普及活動は積極的になされているが、新聞報道がやや少ないので、新聞、テレビなどのメディアを通じて、地方の中小企業などに普及するなどの成果の広報に取り組んで欲しい。

４）実用化の見通しについて

加工テンプレートは、すでに研究開発段階で中小企業が試用し、実用化の見通しをある程度得ており、工程・製造設計支援アプリケーション構築技術は一部実用化を開始し、ソフトウェアベンダー8 社と契約して技術移転を進めるということで、実用化の可能性は十分にある。

産総研では「中小企業技術・技能継承プログラム」を実施して加工テンプレートの導入、使用方法、背景にある基礎知識の講習を予定し、公設試験研究機関とのネットワークを活用して地域企業への普及していることは評価できる。理研も「技能継承支援機構」を設置し、加工テンプレートのユーザーへのサポートを始めるなど、実用化に向けた努力は感じられる。

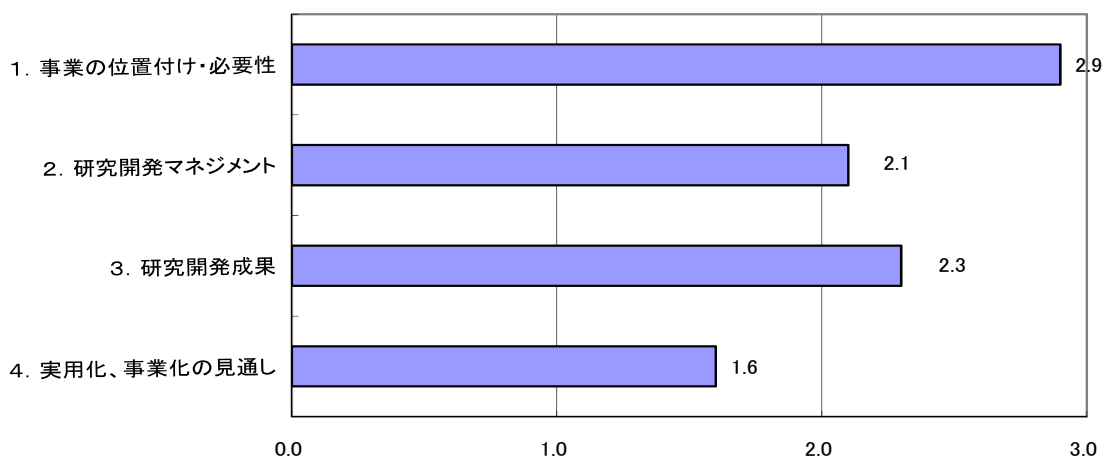
日本には非常にたくさんの中小企業が存在し、これらの企業では、データ採取もままならぬ状況に置かれている。そこで普及のためには、中小企業へ出向いて、各企業におけるノウハウの抽出活動について、方法を教授するのみならず、できる限り中小企業や技能者の負担を軽減するために一緒に実施するなどのもう一工夫が必要であり、その継続的活動に期待する。

<u>個別テーマに関する評価</u>

	成果に関する評価	実用化の見通しに関する評価	今後に対する提言
技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発	技術・技能の継承・共有化ツールの開発により、限られた予算と期間の中で、鋳造、鍛造、切削加工など 6 種類の加工分野について、それぞれ 10 以上のノウハウを蓄積できる加工テンプレートという形で目標を達成し、IT 化への道筋をつけた意義は大きい。また、中小企業では活用が難しいセンサーやシミュレーションを簡易に利用できるようにしている点は、高く評価できる。 　しかしながら、加工テンプレートと総称しているが、加工テンプレートの構築を優先したため、加工法や加工分野ごとにテンプレート作成の観点が異なり、構築された加工テンプレートに一貫性が見られない部分もある。適用事例に	加工テンプレートの開発前に、ユーザーである中小企業に対し、次世代に継承すべき技能をアンケートするなど、事業開始当初から実用化を意識しており、開発中も現場の考え方を取り入れる工夫をし、完成後も中小企業に試用を依頼するというように、一貫して実用化をターゲットにしている点は評価できる。構築された加工テンプレートを供給･管理する体制を整備して来た点で、実用化の可能性が高い。 　本当の実用化は、今後のサポートに依存する。モノづくりのためには最終工程までの一連のマネジメント（一貫管理）が必要であり、構築された加工テンプレートをさらに更新する体制を整備し、使い	このシステムを活用するためには、加工テンプレートにいかに情報を組み入れるかということが重要である。その情報は、各企業独自のノウハウでもあるが、一般的加工情報（ユーザー企業、材料・工具メーカが提供できる程度の情報）であっても中小企業にとっては有益なので、Wikipedia のように、ユーザーによる技術情報の提供と活用が進むビジネスモデルも含め、加工テンプレートに情報を継続的に組み入れて中小企業に提供する仕組みを構築して欲しい。 　また、他工程への拡大（特に技能に頼っている自由鍛造や鋼鋳物、精密鋳造等）を含め、使い勝手をさらに向上させ、“伝道師”を育て、中小企業の技術継承の活動

	基づく加工テンプレートについて使う人が使える状態であるか否かの自己評価が行われていない点、普及方法に関する分析が少ない点、などが課題として残っていると考える。	勝手のもう一段の向上を図り、ある程度のノウハウを加工テンプレートとして中小企業に提供するとともに、開発したシステムの有用性を分かりやすく教授することと、さらに、各企業独自のノウハウを加工テンプレートに記述する作業をサポートすることが今後の課題で、継続的努力が望まれる。	が自律的に進む臨界点に達するまでの事業の継続などが重要である。 今後、中小製造業の平均的な技術力を底上げするための汎用加工テンプレートの整備や、競争力の維持･強化に繋がる加工テンプレートのカスタマイズを差別化することによって、技能や技術の流出を防ぎ、汎用加工テンプレートの整備・普及が進むであろう。
工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発	IT 化による業務の効率化は、中小企業にとって経営革新のための急務な課題である。企業内での各部署のデータを簡易な手法で共有化するアプリケーションを自動的に構成するシステムは、いろいろな作業の効率化、各タスクの流れの把握、作業の無駄の減少のために有益であるが、中小企業が自社の業務に合わせた専用のシステムを構築するのは高額の費用がかかるという課題も抱えている。それを	ＭＺプラットフォーム研究会への会員（ユーザー）参加企業数が増加したこと、ソフトベンダーとの連携開発が開始したこと、アプリケーション開発とコンサルティング業務を行うソフトウェアベンダーと契約して事業利用の方向も打ち出したことから、実用化に向けた見通しは得られている。 PR 方法にもよるが、実用化は比較的容易であろうし、汎用性もかなり高いと推定されるので、実	テンプレートと MZPlatform の連携は理解できるが、その連携の具体的な適用例が少なく、中小企業での利用、普及に障害となる点は何かについてまだ十分な分析が行われていない印象である。ソフトとしてはほぼ実用の域に達しているので、現実に使う中小企業の担当者の意見も良く取り入れて、本事業で開発された工程・製造設計支援アプリケーション構築技術を、いろいろな分野のデータの見

	解決するため、前回の事業で開発したＭＺプラットフォームを活用し、専門知識を必要とせずにシステム開発ができる技術を開発し、この端緒が開かれたことは評価できる。 　タスクフロー図を作成することが本システムを活用する上でのポイントとなる。この作業を実施できる者は、企業内の各部署間のデータの関係を把握している必要があり、企業によっては該当する人物がいない場合もあるので、より簡易にタスクフロー図を作成することが可能となれば、活用が広がると考える。	用化にあたっては、利用可能なコンポーネントの拡充と、本当に中小企業の IT システムの知識がない人でも取り掛かることができるような改善と支援が必要になるだろう。 　その結果として、加工テンプレートを含め IT 化できれば、中小企業の経営体質が強化され、それによって、わが国のモノづくり産業の国際競争力が強まると考える。	える化のツールとして提供し、ユーザーへの普及をさらに進められることを期待する。 　今後、システムに用いる基準値／計画値そのもの、又はその作り方等までが求められる仕組み、すなわち技術や技能のプログラム化が支援できるようなプラットフォームの強化も進める必要があるのではないか。そうしないと、中小企業を対象とした場合、そのシステムは十分には機能しない。

評点結果〔プロジェクト全体〕

評価項目	平均値	素点（注）						
1．事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	A	A	B
2．研究開発マネジメントについて	2.1	A	B	B	B	B	B	B
3．研究開発成果について	2.3	A	A	A	B	B	C	B
4．実用化の見通しについて	1.6	B	B	B	B	C	C	C

（注）A=3，B=2，C=1，D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1．事業の位置付け・必要性について
- 非常に重要 →A
- 重要 →B
- 概ね妥当 →C
- 妥当性がない、又は失われた →D

2．研究開発マネジメントについて
- 非常によい →A
- よい →B
- 概ね適切 →C
- 適切とはいえない →D

3．研究開発成果について
- 非常によい →A
- よい →B
- 概ね妥当 →C
- 妥当とはいえない →D

4．実用化、事業化の見通しについて
- 明確 →A
- 妥当 →B
- 概ね妥当であるが、課題あり →C
- 見通しが不明 →D